Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Instituto de Física Armando Dias Tavares
Departamento de Física Nuclear e Altas Energias

Estrutura da Matéria I

Interferência e Difração da Luz

1º Semestre de 2016

Alunas: Tatiane Corrêa e Thais Guerini

1. Objetivos

Estudar a natureza ondulatória da luz através dos fenômenos de interferência e difração. Determinar o comprimento de onda de uma fonte LASER e estimar a largura de fendas estreitas em um dispositivo.

2. Introdução teórica

2.1. Interferência da luz em fenda dupla

A luz é um fenômeno ondulatório expresso pela correlação entre os campos elétrico e magnético, segundo as equações de Maxwell. Considerando duas fontes pontuais, que é caso da fenda dupla, as oscilações dos campos eletromagnéticos podem ocasionar interferências construtiva e destrutiva.

Nos casos em que a diferença entre as distâncias entre as fendas é muito menor que a distância entre a fonte e o anteparo, podemos nos basear no esquema abaixo para determinar o comprimento de onda da luz através do fenômeno de interferência.

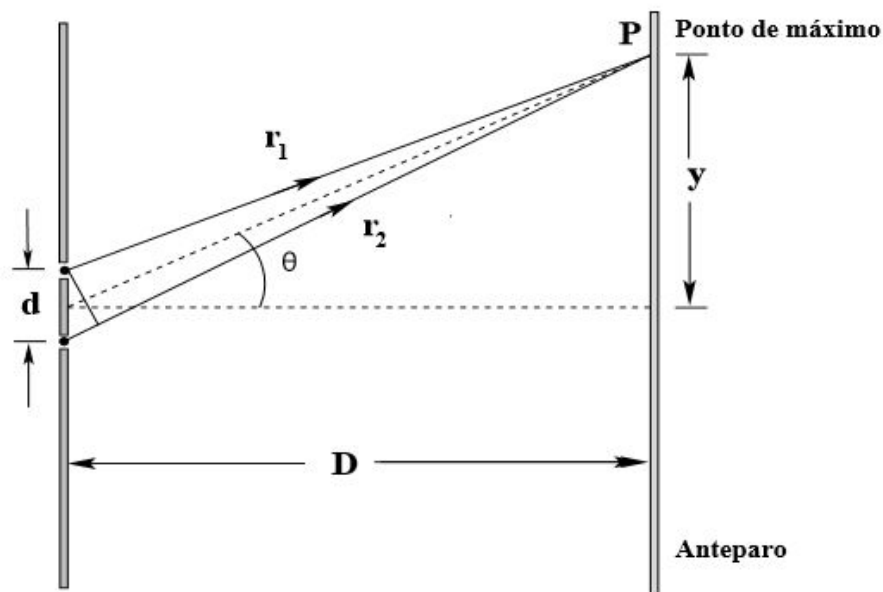



Fig. 1. Obtenção do comprimento de onda da luz através da interferência

A partir da equação da onda, na qual as frequências da luz que passa pela primeira e pela segunda fenda são iguais, e fazendo a aproximação para ângulos

pequenos $sen\theta = tg\theta = \frac{y}{D}$, obtemos:

$$\Delta y = \frac{D}{d}\lambda$$

onde: Δy - separação entre os máximos

λ - comprimento de onda do laser

d - distância entre as fendas

D - distância do anteparo às fendas

Portanto, das medições de D, d e Δy podemos determinar o comprimento de onda λ.

2.2. Difração em uma fenda simples

A difração é um caso especial do fenômeno de interferência, em que uma onda é deformada por passar por um obstáculo cujas dimensões são pequenas macroscopicamente. A onda perturbada pelo objeto interfere posteriormente com a onda que não sofreu perturbação. Sabendo que para haver interferência destrutiva a diferença de fase entre a onda difratada e a que não foi perturbada deve ser um múltiplo da metade do comprimento de onda, obtemos uma relação entre os mínimos de difração.

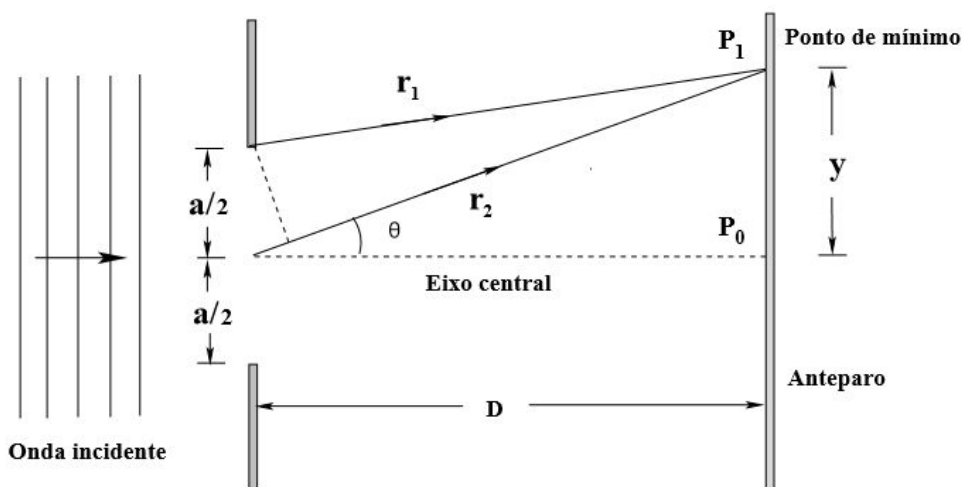



Fig 2. Luz incidente em uma fenda única

Assim, os mínimos de difração são dados por:

$$sen\theta = m\frac{\lambda}{a}$$

onde: θ - ângulo entre a direção perpendicular à fenda e o ponto de observação
λ - comprimento de onda da onda incidente
a - largura da fenda
m - número inteiro não nulo

Para ângulos pequenos, podemos fazer novamente a aproximação $sen\theta = tg\theta = \frac{y}{D}$, de onde obtemos:

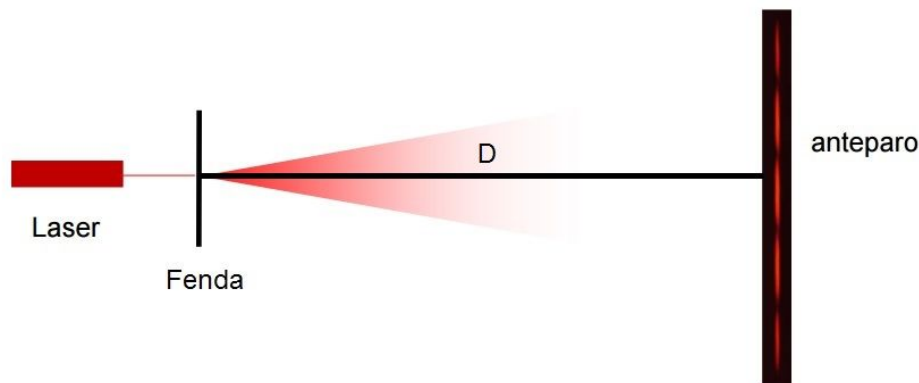
$$\Delta y = \lambda \frac{D}{a}$$

onde: Δy - intervalo entre os mínimos
λ - comprimento de onda da onda incidente
a - largura da fenda
D - distância do anteparo às fendas

Assim, sabendo o comprimento de onda da onda incidente, como um laser, a distância das fendas ao anteparo e o intervalo entre os mínimos, isto é, tamanho dos máximos, podemos encontrar a largura da fenda utilizada no fenômeno de difração.

3. Material Utilizado

- fonte LASER
- fonte de luz incandescente
- fendas duplas
- fendas simples
- anteparo (folha branca)
- trena
- régua
- rede de difração
- fio de cabelo
- banco óptico

4. Esquema Experimental

5. Procedimento Experimental e Tratamento de Dados

5.1. Procedimento experimental

5.1.1. Interferência

Começamos por fixar uma folha branca em um suporte de madeira de modo que obtivéssemos um anteparo estável. Montamos o equipamento com o laser utilizando uma fenda dupla entre o laser e o anteparo, como mostrado no esquema experimental. Observando o padrão formado na folha, ajustamos as distâncias entre o laser e o anteparo a fim de tornar mais conveniente as medidas de separação entre os máximos de interferência. Medimos a distância escolhida como a mais adequada, e, posteriormente, passamos a marcar com um lápis o padrão de interferência observado na folha devido o uso da fenda A. Repetimos as medições dos padrões de interferência para as fendas B,C e D, e anotamos os dados, conforme a tabela 5.2.1

5.1.2. Difração

5.1.2.1. Determinação da largura de fendas estreitas

Analogamente com o procedimento inicial com fendas duplas, fixamos uma folha branca para tornar o anteparo estável de forma que a luz do laser incidisse perpendicularmente a ele. Trocamos o dispositivo de fendas duplas pelo de fendas únicas, ajustamos as distâncias entre as fendas e o anteparo a fim de encontrar a que fosse mais conveniente para a observação dos mínimos de difração e tomamos nota de seu valor. Marcamos, então, com um lápis os padrões observados no

anteparo para as fendas A, B, C e D. As marcações estão em anexo, juntamente com os de interferência.

5.1.2.2 Difração em um fio fino

Repetimos a adequação da folha branca como anteparo, como realizado nos casos anteriores, utilizando um fio de cabelo preso ao banco de forma que a luz incidente do laser pudesse atravessá-lo. Ajustamos as distâncias do laser ao anteparo de forma que o padrão de difração causado pelo fio de cabelo pudesse ser adequadamente observado e medimos o valor dessa distância. Posteriormente, marcamos o padrão observado a fim de que as distâncias pudessem ser medidas com o auxílio de uma régua.

5.1.2.3 Rede de difração

Substituímos o objeto que havia difratado a luz anteriormente pela rede de difração e observamos o padrão que surgiu na folha branca utilizada como anteparo.

5.1.2.2 Determinação dos comprimentos de ondas de diferentes cores

Utilizando ainda a rede de difração e a folha como anteparo, trocamos a fonte de luz de laser por uma fonte branca, a fim de observar as diversas cores que aliapareceram. Ajustamos novamente a distância entre a fonte de luz e o anteparo de forma a facilitar a visualização das cores e registramos as posições correspondentes a cada uma.

5.2 Tratamento de dados

5.2.1 Interferência

Fenda	$\overline{\Delta y}$ (mm)	$\sigma_{\overline{\Delta y}}$ (mm)	D (m)	σ_D (mm)	d (mm)	λ (nm)	σ_λ (nm)	$\lvert\lambda - \lambda_{ref}\rvert$ (nm)
A	4.2	0.2	1.82	0.5	0.25	581.1	125.8	51.7
B	2.2	0.1	1.82	0.5	0.50	612.8	23.1	20.0
C	4.3	0.4	1.82	0.5	0.25	590.7	49.5	42.8
D	2.3	0.1	1.82	0.5	0.50	631.9	39.2	0.9

Tabela 5.2.1 Tabela de dados e resultados relativos à interferência

Fenda	Δy_1 **(mm)**	Δy_2 **(mm)**	Δy_3 **(mm)**	Valor estimado **(mm)**
A	27.7	25.5	28.5	27.2 ± 0.9
B	13.5	13.0	12.0	12.8 ± 0.6
C	6.7	6.6	6.5	6.6 ± 0.5
D	2.6	2.5	2.5	2.5 ± 0.5

Tabela 5.2.2 Tratamento de dados de difração

Fenda	a (mm)	σ_a (mm)	a_{ref} (mm)	$\lvert a - a_{ref} \rvert$
A	0.0207	0.0005	0.02	0.0007
B	0.044	0.002	0.04	0.004
C	0.0858	0.0004	0.08	0.0058
D	0.2260	0.0005	0.16	0.066

Tabela 5.2.3 Tratamento de dados de difração - análise da largura das fendas

5.2.2 Fio de Cabelo

Δy_1 (mm)	Δy_2 (mm)	Δy_3 (mm)	$\overline{\Delta y}$ (mm)	$\sigma_{\overline{\Delta y}}$ (mm)	λ (nm)	D (mm)	a (nm)	σ_a (nm)
7	6	7	6,7	0,3	632,8	950	90000	230

Tabela 5.2.4 Tratamento de dados de difração - análise de um fio fino

5.2.3 Luz Branca

Cor	Δy_1 (mm)	Δy_2 (mm)	$\overline{\Delta y}$ (mm)	$\sigma_{\overline{\Delta y}}$ (mm)	D (mm)	d (mm)	σ_d (mm)	λ (nm)	σ_λ (nm)	$\lvert\lambda - \lambda_{ref}\rvert$ (nm)
Azul	29.5	27.5	28.5	0.3	140	1/600	0.5	332	4	141.0
Verde	28.5	27.5	28.0	0.3	140	1/600	0.5	366	4	169.0
Amarelo	30.5	30.5	30.5	0.3	140	1/600	0.5	355	4	231.5
Vermelho	39.5	37.0	38.3	0.3	140	1/600	0.5	439	4	260.5

Tabela 5.2.5 Tabela de dados e resultados relativos à difração - rede de difração

6. Conclusões

Os resultados obtidos a partir da interferência com fendas duplas foram compatíveis com o valor esperado em todas as diferentes fendas, assim como os obtidos a partir da difração com fendas simples. No entanto, os valores obtidos para comprimentos de onda para diferentes cores do espectro eletromagnético não são compatíveis com os valores de referência. Atribuímos tal discrepância à dificuldade de discernir as cores no anteparo.

Através da análise da equação para os mínimos de difração de um laser vermelho utilizando uma rede de difração, estimamos com êxito a quantidade de máximos observados no anteparo. Após substituirmos a fonte laser por uma fonte de luz incandescente branca percebemos que as redes de difração podem ser utilizadas em espectroscopia.

Com base no padrão observado no anteparo concluímos que não seria possível realizar o experimento caso o caráter ondulatório da luz fosse desconsiderado.

7. Referências Bibliográficas

Instituto de Física, Universidade de São Paulo. Difração e interferência - Disponível em: <http://fap.if.usp.br/~tabacnik/aulas/2008/aula09mht-difracao.pdf> Acesso em:15/10/2016

SZNAJDER, A.; CARLEY, M.; MOLINA, J.; NOGIMA, H.; BEGALLI, M; OGURI, V.; CARVALHO, W.; PRADO,W. Estrutura da matéria I, Roteiro de Experiências. Disponível em: <http://dfnae.fis.uerj.br/twiki/pub/DFNAE/EstruturaI/apostila-V2008-1.pdf> Acesso em: 15/10/2016

SANTORO, A.; MAHON,J.; OLIVEIRA,J.;MUNDIM FILHO,L.;OGURI, V.; PRADO,W. Estimativas e erros em experimentos de física. Rio de Janeiro:EdUerj. 2005